Travaux

d'aménagement et d'entretien des constructions paysagères

Règles professionnelles

Conception et réalisation de baignades biologiques avec filtration intensive

N°: **C.C.10-R0** | Création : juillet 2013

UNEP les entreprises du paysage

AITF Association des Ingénieurs Territoriaux de France

FFP

Hortis Les responsables d'espaces nature en ville

Préambule

Les règles professionnelles sont la transcription et l'identification du savoir-faire des entreprises du paysage. Elles sont rédigées par des professionnels du paysage : entreprises, donneurs d'ordre, bureaux d'étude, enseignants, fournisseurs, experts.

Elles sont élaborées en tenant compte de l'état des lieux des connaissances au moment de leur rédaction, et des documents existants sur certains sujets spécifiques. Elles constituent ainsi une photographie des "bonnes pratiques" du secteur.

Elles sont toutes organisées selon le même principe. Ainsi, on y trouve :
- une délimitation précise du domaine d'application
- un glossaire détaillé des termes employés dans le document
- des prescriptions techniques organisées selon la logique du déroulement de chantier
- des points de contrôle, qui donnent les moyens de vérifier la bonne exécution du travail
- des annexes techniques pouvant être de différents ordres : compléments techniques spécifiques, exemples de méthodes à mettre en œuvre, etc.

Les règles professionnelles sont applicables à tout acteur concourant à la réalisation et l'entretien d'un ouvrage paysager.

Avertissement : Les réglementations de chantier et celles relatives à la sécurité des personnes ne sont pas abordées dans ces documents. Il va de soi que toutes les activités décrites doivent être réalisées dans le respect de la législation en vigueur.

Liste des personnes ayant participé à la rédaction

Comité de pilotage
Jean-Pierre BERLIOZ (Unep, Président du Groupe de conseil et de réflexion)
Christophe GONTHIER (Unep, Président de la Commission technique, innovation et expérimentation)
Eric LEQUERTIER (Unep, Secrétaire général, en charge des dossiers techniques)
Thierry MULLER (Unep, Vice-président de QualiPaysage)
Gilbert THEPAUT (Unep)

Groupe de travail
Gilbert THEPAUT (Unep)
Daniel BALESTRA (Unep)
Jean-Christophe GERARD (fournisseur spécialisé)
Jean-Louis LAURENT (fournisseur spécialisé)
Frédéric LUIZI (fournisseur spécialisé)
Claire GROSBELLET (Unep)
Marie RUAUD (Unep)

Comité de relecture
Damien BELANGER (Unep)
Henri DE LAVALETTE (Unep)
Patrice FAURE (Unep)
Vincent PORRO (Unep)
Cathy BIASS-MORIN (AITF)
Patrick BIDEGAIN (FFP)
Thibaut BEAUTE (Hortis)
Régis TRIOLLET (animateur national du réseau Horticulture et Paysage - MAAF/DGER/BIPI)
Jacques COUACAULT (expert en piscines et centres aquatiques près du tribunal de Rennes)
Pierre SERVAIX (expert auprès de l'AFSSET lors de la rédaction de la Saisine de juillet 2009 et Professeur au Laboratoire d'Ecologie des Systèmes Aquatiques de l'Université Libre de Bruxelles)
Claude ROUJEAN (architecte paysagiste, urbaniste et expert près des tribunaux)
Jean-Luc DESMET (expert bois)

Document réalisé dans le cadre de la convention de coopération signée entre l'Unep et le Ministère en charge de l'Agriculture

Une nomenclature spécifique a été retenue pour les règles professionnelles du paysage. Par exemple, le numéro des règles professionnelles des « Travaux des sols, supports de plantation » est le P.C.1-R0. La première lettre de la nomenclature sert à identifier l'axe auquel appartient le sujet (axe 1 - P : plantes / axe 2 - C : constructions paysagères / axe 3 - V : végétalisation de bâtiment / axe 4 - N : zones naturelles). Quant à la seconde lettre, elle permet d'identifier les travaux de création (C) ou d'entretien (E). Le premier chiffre est un numéro d'ordre et la mention "Rchiffre" indique le numéro de révision. Les annexes sont indiquées par la mention "Achiffre", placée avant le numéro de révision (exemple : P.C.1-A1-R0).

Les règles professionnelles du paysage sont téléchargeables sur le site de l'Unep à l'adresse suivante : http://www.entreprisesdupaysage.org/base-documentaire/regles-professionnelles/149-Regles-professionnelles-finalisees/.

Sommaire

Préambule 2

Liste des personnes ayant participé à la rédaction 2

1. Objet et domaine d'application 5

2. Définitions des termes 5
2.1. Type de baignades biologiques artificielles en système fermé 5
2.1.1. Baignade intensive 5
2.1.2. Baignade extensive 5
2.2. Filtration 5
2.2.1. Filtration physique 5
2.2.2. Filtration biologique 5
2.2.3. Filtration par phyto-épuration 5
2.2.4. Masse filtrante ou media filtrant 5
2.2.5. Biofilm 5
2.2.6. Surface spécifique 5
2.2.7. Milieu aérobie 5
2.3. Traitements complémentaires 5
2.3.1. Désinfection 5
2.3.2. Traitement d'entretien 5
2.3.3. Phyto-épuration 5
2.4. Eau désinfectée et eau désinfectante 6
2.5. La Demande chimique en oxygène (DCO) 6
2.6. La Demande biochimique en oxygène (DBO5) 6
2.7. Bois de classe 4 6
2.8. Membranes d'étanchéité 6
2.8.1. Liner 6
2.8.2. Géomembrane 6

3. Description et prescriptions techniques 6
3.1. Choix de la source d'eau 6
3.2. Conception des bassins 6
3.2.1. Caractérisation des zones à mettre en œuvre 6
3.2.1.1. Bassin de nage 6
3.2.1.2. Zones de berges / plages 6
3.2.1.3. Bordures 6
3.2.1.4. Zone de filtration 6
3.2.1.5. Zone lagunaire ou zone de phyto-épuration 6
3.2.1.6. Jeux d'eau 7
3.2.1.7. Locaux techniques 7
3.2.2. Prise en compte des intrants 7
Point de contrôle 7
3.3. Réalisation des bassins 8
3.3.1. Choix des matériaux de construction et de décoration 8
3.3.2. Caractéristiques des matériaux de construction 8
3.3.2.1. Caractéristiques des bétons 8
3.3.2.2. Caractéristiques des armatures 8
3.3.2.3. Caractéristiques des matériaux bois 8
3.3.3. Travaux de terrassement 8
3.3.4. Travaux de drainage 9
3.3.5. Construction du bassin de nage et du local technique 9
3.3.5.1. Murs et cuve en béton 9
3.3.5.2. Construction bois 9
3.3.5.3. Structures panneaux coffrants 9
3.3.5.4. Coque polyester 9
3.3.6. Etanchéité des bassins 9

3.4. Mise en œuvre des systèmes de filtration 13
3.4.1. Gestion hydraulique et hydraulicité 13
3.4.2. Règles de gestion hydraulique 13
3.4.2.1. Zones de filtration 13
3.4.2.1.1. Aspiration de fond 13
3.4.2.1.2. Bouches de refoulement 13
3.4.2.1.3. Fréquence de filtration 13
3.4.2.2. Le matériel hydraulique et le circuit de filtration 14
3.4.2.2.1. Pompes 14
3.4.2.2.2. Canalisations 14
3.4.2.3. Caractéristiques des vitesses de filtration et dimensionnement 15
3.4.2.4. Vidange et nettoyage 15
3.4.2.4.1. Nettoyage des canalisations 15
3.4.2.4.2. Nettoyage des systèmes de filtration 15
3.4.2.5. Mesure de la vitesse de circulation 15
Point de contrôle 15
3.4.3. Les systèmes de filtration 15
3.4.3.1. Préfiltration 15
3.4.3.2. Filtration mécanique 15
3.4.3.3. Filtration biologique 15
Point de contrôle 15
3.4.3.4. Système de phyto-épuration 15
3.4.3.5. Autres traitements optionnels 15
3.4.3.6. Système de désinfection 16
Point de contrôle 16
Point de contrôle relatif aux systèmes de filtration 16
3.4.4. Le contrôle de la qualité sanitaire de l'eau de baignade 17
Point de contrôle 17
3.4.4.1. Caractéristiques physico-chimiques 17
3.4.4.2. Populations bactériennes présentant un risque pour la santé humaine 19
3.4.4.3. Procédure de prélèvement 19
3.4.4.4. Conformité de l'eau de baignade 19
3.5. Mise en sécurité de l'installation 19
3.5.1. Rappel des normes de sécurité relatives aux piscines 19
3.5.2. Les installations électriques 20
3.5.2.1. Canalisations 20
3.5.2.2. Alimentation électrique 20
3.5.2.3. Appareillage électrique (prise de courant, interrupteur) 20
3.5.2.4. Appareils électriques 20
Point de contrôle 20
Point de contrôle final 20

Annexe
A1. Liste de plantes utilisables ou non en phyto-épuration pour la baignade biologique 22

1. Objet et domaine d'application

Sont concernées par ces règles professionnelles la conception et la réalisation des bassins de baignade artificielle biologique avec filtration intensive et dont l'eau peut être désinfectée mais non désinfectante. Les eaux utilisées dans ces bassins circulent en permanence en circuit fermé et sont entièrement recyclées.
Les présentes règles professionnelles s'appuient sur les observations du rapport de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset). Ce rapport, publié en juillet 2009, s'intitule Risques sanitaires liés aux baignades artificielles et traite des « baignades artificielles en circuit fermé par traitement biologique et autre traitement ». La présente règle introduit par ailleurs les conditions d'utilisation du traitement UV.

Le document décrit le concept de « baignade intensive », se composant :
• d'un bassin de nage
• de deux filtrations physique et biologique indépendantes du bassin de nage
• d'un système de désinfection de l'eau (obligatoire pour les baignades publiques et optionnel pour les autres).
Les bassins de baignade artificielle biologique comprennent optionnellement une zone de berge et une zone lagunaire ou de phyto-épuration.

Ne sont pas concernés par ce document :
• les piscines dites « traditionnelles ». Ces dernières correspondent à la définition suivante : « établissement ou partie d'établissement qui comporte un ou plusieurs bassins artificiels utilisés pour les activités de bain ou de natation et dont les eaux doivent être filtrées, désinfectées et désinfectantes »
• les baignades biologiques avec filtration extensive (« baignades extensives »)
• les baignades artificielles sans filtration et les baignades en eau libre telles que les retenues d'eau en système ouvert, les barrages, les rivières, les lacs, etc.

2. Définitions des termes

2.1. Type de baignades biologiques artificielles en système fermé

Concept englobant le bassin de nage et son système de filtration compatible faune-flore. Ces baignades garantissent un recyclage complet de l'eau et une eau préférentiellement désinfectée mais non désinfectante.

2.1.1. Baignade intensive
Baignade biologique pour laquelle le taux de renouvellement total de l'eau est inférieur ou égal à 4 heures et dont le système de filtration n'utilise pas de produits rémanants et est obligatoirement séparé du bassin de nage.
Ce type de baignade privilégie les procédés physiques, utilisant des filtres bactériens optimisés et, par conséquent, à faible dimensionnement.

2.1.2. Baignade extensive
Baignade biologique pour laquelle le taux de renouvellement total de l'eau est compris entre 4 et 12 heures.
Ce type de baignade privilégie les procédés biologiques, utilisant des filtres bactériens et plantés de végétaux et, par conséquent, à plus grand dimensionnement.

2.2. Filtration

2.2.1. Filtration physique
Filtration par action mécanique (décantation, rétention des déchets, utilisation de média filtrants, etc.). La filtration physique permet de retenir les déchets par ségrégation.

2.2.2. Filtration biologique
Filtration par des micro-organismes fixés sur des masses filtrantes en milieu aérobie.

2.2.3. Filtration par phyto-épuration
Filtration par des plantes.

2.2.4. Masse filtrante ou media filtrant
Support de filtration utilisé pour son action mécanique et/ou comme support de développement des micro-organismes.

2.2.5. Biofilm
Film biologique composé de microorganismes qui se développent à la surface d'un support en contact avec de l'eau.

2.2.6. Surface spécifique
Surface réelle de substrat disponible pour la fixation des bactéries.

2.2.7. Milieu aérobie
Milieu riche en oxygène dans lequel le métabolisme énergétique principal des bactéries est la respiration par opposition au milieu anaérobie pauvre ou dépourvu d'oxygène dans lequel le métabolisme énergétique principal des bactéries est la fermentation ou l'utilisation d'autres formes minérales oxydées.

2.3. Traitements complémentaires

2.3.1. Désinfection
Résultat d'une opération par laquelle on élimine les germes pathogènes d'une zone ou d'une surface, en l'occurrence l'eau de la baignade, sans utiliser de produits rémanents, persistants.

2.3.2. Traitement d'entretien
Intervention au moyen de produits utilisés de façon ponctuelle n'altérant pas la faune et la flore, visant à rétablir l'équilibre de l'écosystème aquatique.

2.3.3. Phyto-épuration
Traitement de l'eau avec des plantes. Ce système utilise le pouvoir épurateur des plantes aquatiques associées à l'action nécessaire des bactéries, notamment pour compléter le cycle de nitrification/dénitrification. Cette association permet la transformation des matières organiques en matières minérales assimilables par les plantes.

2.4. Eau désinfectée et eau désinfectante

L'eau désinfectée désigne une eau dont les germes pathogènes ont été détruits.
L'eau désinfectante désigne une eau ayant une capacité rémanente de désinfection.

2.5. La Demande chimique en oxygène (DCO)

La Demande chimique en oxygène (DCO) correspond à la consommation en oxygène par les éléments chimiques pour les substances organiques et minérales de l'eau. Elle permet d'évaluer la charge polluante de l'eau.

2.6. La Demande biochimique en oxygène (DBO5)

La Demande biochimique en oxygène (DBO5) correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques biodégradables par voie biologique, c'est-à-dire par les bactéries. Elle est calculée au bout de 5 jours à 20°C, d'où DBO5.

2.7. Bois de classe 4

Il existe cinq classes de risques relatives à la situation du bois en service et l'évaluation des risques d'altérations biologiques (sachant que la classe 5 concerne les bois en contact permanent avec l'eau de mer). Le bois de classe 4 peut résister naturellement, ou être traité pour résister à un contact avec le sol ou une humidité permanente. Certaines essences sont naturellement imputrescibles (exemples : mélèze, robinier, douglas) et sont classées naturellement dans cette catégorie de classe de risques. D'autres essences (le pin par exemple) sont traitées par autoclave pour acquérir ces caractéristiques. Pour la baignade, aucun bois traité ne doit relâcher de polluants.

2.8. Membranes d'étanchéité

2.8.1. Liner
On appelle liner les membranes d'étanchéité dont l'épaisseur est inférieure à 1 mm.

2.8.2. Géomembrane
On appelle géomembrane les membranes d'étanchéité dont l'épaisseur est supérieure à 1 mm.

3. Description et prescriptions techniques

3.1. Choix de la source d'eau

Il est essentiel de vérifier les paramètres physico-chimiques et microbiologiques de l'eau qui servira à alimenter la baignade. En effet, en fonction des résultats, des filtres spéciaux peuvent devoir être installés. Les paramètres à tester sont ceux figurant dans le tableau 9 (cf. § 3.4.4.1).
L'eau utilisée doit provenir soit du réseau d'eau municipal soit d'un forage. En aucun cas l'eau issue d'un cours d'eau ou de la récupération des eaux de toiture ne doit être utilisée pour alimenter la baignade.

3.2. Conception des bassins

3.2.1. Caractérisation des zones à mettre en œuvre

3.2.1.1. Bassin de nage
Le bassin de nage comprend au minimum une zone d'une profondeur supérieure ou égale à 150 cm de profondeur et, le cas échéant, une zone dite « de faible profondeur » (comprise entre 50 et 150 cm) telle que son volume représente au maximum 50 % du volume total.

3.2.1.2. Zones de berges / plages
Les zones de berges, qui sont également appelées plages, sont des zones d'accès au bassin de nage. Elles sont éventuellement agrémentées de plantes décoratives et/ou de galets, etc. Il est essentiel de veiller à ce que ces plantes et/ou ces minéraux n'aient pas d'impact négatif sur les qualités physiques ou chimiques des eaux de la baignade.
Le volume maximal attribué aux berges est de 10 % du volume d'eau total, ce volume étant compris dans les 50 % des zones de faible profondeur.
Les zones de berges correspondent aux profondeurs allant de 0 à 50 cm.

3.2.1.3. Bordures
Les bordures délimitent l'espace dédié à la baignade artificielle dans le terrain et sont indispensables pour limiter l'arrivée des intrants. Elles doivent être suffisamment rigides pour empêcher toute pollution par des intrants de ruissellement. Elles sont donc de type P1 béton ou équivalent et dépassent le niveau du trop plein de 5 cm. Elles sont recouvertes par un géotextile et une membrane d'étanchéité ainsi que par des éléments décoratifs compatibles avec les normes de sécurité (exemples : margelles, végétaux, galets, etc.).

3.2.1.4. Zone de filtration
La zone de filtration est séparée du bassin de nage. Elle inclut les filtrations physiques, biologiques, ainsi que la désinfection de l'eau, fortement conseillée pour les baignades à usage collectif (publiques ou semi-publiques).

3.2.1.5. Zone lagunaire ou zone de phyto-épuration
La lagune est une zone entièrement plantée, d'une profondeur de 60 cm au maximum et d'une surface de 10 à 30 % de la surface du bassin de nage au maximum, selon la granulométrie du matériau support. Elle comporte obligatoirement une zone émergée d'une hauteur maximale de 5 cm par rapport au niveau de l'eau.
La zone de phyto-épuration est indépendante du bassin de nage. Si la lagune est au-dessus du niveau de la baignade, la différence de niveau entre les deux bassins doit être de maximum de 20 cm.
Il existe des lagunes avec substrat et des lagunes sans substrat. Dans le second cas, il est possible d'atteindre jusqu'à 100 % du débit traité alors que dans le premier cas il n'est pas possible de dépasser 50 % du débit traité au total. Précisons que le débit traité par lagunage varie en fonction des types de substrat.
La liste des plantes conseillées pour construire une lagune fait l'objet de l'annexe C.C.10-A1-R0.

3.2.1.6. Jeux d'eau
Toute lame d'eau d'une hauteur de chute supérieure à 20 cm est considérée comme un jeu d'eau.

Quand le refoulement est fait partiellement par des jeux d'eau, il est limité à 5 % du débit journalier traité afin de :
• limiter le dégazage de CO_2
• conserver une masse d'eau homogène (maintenir la bonne circulation hydraulique et éviter la stratification)
• limiter, voire empêcher la reprise directe par les points d'aspiration de surface.

3.2.1.7. Locaux techniques

Il s'agit des locaux destinés à recevoir les différents équipements nécessaires à l'ensemble de la gestion hydraulique de la baignade.
Les locaux techniques sont assimilés à une construction classique et sont donc soumis aux règles de la construction, y compris pour le câblage électrique qui doit respecter les volumes 0, 1, 2 et 3 (cf. norme d'application obligatoire NF C15-100 COMPIL octobre 2010, intitulée Installations électriques à basse tension).
Ils sont dimensionnés pour permettre une maintenance facile. Il est notamment nécessaire de prévoir une porte d'accès et de laisser un passage entre les appareils équivalent au double de l'encombrement de l'appareil le plus volumineux et/ou d'un homme.
Les locaux techniques doivent par ailleurs être équipés :
• d'un ou de plusieurs regards au sol permettant une évacuation rapide des eaux provenant d'une fuite ou d'une infiltration et d'une ventilation haute et basse pour éviter la condensation. Dans le cas où l'évacuation ne peut pas se faire de façon gravitaire, ces regards peuvent éventuellement être équipés d'une pompe vide cave
• d'une arrivée d'eau permanente pour maintenir le niveau de la baignade.

Les évacuations sont réalisées en point bas et dirigées vers le réseau d'eaux usées ou vers le réseau d'eaux pluviales pour les vidanges totales ou partielles, selon les dispositions règlementaires locales (règlements de copropriété, arrêtés ou dispositions municipales ou préfectorales).
Une ou plusieurs vannes sont également installées en amont et en aval de tous les appareils ou groupes d'appareils, facilitant ainsi leur démontage.

3.2.2. Prise en compte des intrants

Apportés essentiellement par le vent, la végétation environnante et les animaux, les intrants impactent fortement la vie de la baignade. C'est pourquoi, lors de l'étude initiale et de l'implantation, il est nécessaire de prendre en compte :
• le profil du terrain
• l'environnement végétal et, plus particulièrement, la présence d'arbres à proximité
• les risques d'inondation.
En fonction du profil du terrain, il est parfois recommandé de prévoir un drainage de surface.

Par ailleurs, les bordures de la baignade, des plages et de la lagune doivent dépasser d'au moins 5 cm la hauteur du terrain naturel. Enfin, il faut veiller à ce que les matériaux situés à proximité ou en surplomb de la baignade et susceptibles de provoquer un écoulement dans le bassin n'aient pas d'influence sur l'équilibre physico-chimique et biologique de l'eau.

La faune s'installe d'elle-même dans une baignade et l'équilibre se fait naturellement. En dehors de cette population, toute intrusion d'animaux domestiques ou sauvages (et notamment de poissons) est à proscrire.

Point de contrôle

Les pièces suivantes sont à fournir :
• l'analyse de la source d'eau qui servira à alimenter la baignade
• le plan de masse de la baignade ainsi que deux plans de coupe.
Les zones et les volumes attribués figurant sur les plans de masse et de coupe doivent respecter les préconisations des présentes règles professionnelles.
Il faut par ailleurs vérifier que la baignade est bien un système fermé, non soumis à des intrants externes involontaires (contrôle visuel à l'aide, par exemple, de lasers et/ou de colorants). Cette information doit être consignée sur un compte rendu de chantier.

Les recommandations qui suivent sont extraites du rapport de l'Afsset, publié en juillet 2009 et qui s'intitule Risques sanitaires liés aux baignades artificielles. Ces dispositions, qui sont communes à l'ensemble des catégories de baignades artificielles, doivent être prises en considération lors de la conception des bassins et font écho aux valeurs maximales indiquées dans le tableau 10 de ces règles (cf. § 3.4.4.2), relatif aux populations bactériennes.
« *Considérant que les risques de contamination par les intrants de l'environnement sont insuffisamment pris en compte dans la gestion des baignades artificielles, il est recommandé :*
• *de soumettre les baignades artificielles à la réalisation d'un « profil d'eau de baignade » au même titre que les baignades réglementées (article D1332-20 du Code de la santé publique)*
• *de procéder à une expertise de la qualité sanitaire de l'eau de remplissage et de sa stabilité avant la création de la baignade et avant chaque saison balnéaire, et de la surveiller au cours de la saison balnéaire s'il a été identifié un risque de contamination (pollution à court terme, prolifération algale ou de cyanobactéries, etc.)*
• *de réaliser les aménagements nécessaires pour éviter tout intrant direct de l'environnement dans la zone de baignade (ruissellements, animaux sauvages, etc.).*

A titre d'information, l'évaluation de la qualité de l'eau de remplissage peut s'appuyer sur :
• *les résultats de qualité de la masse d'eau source, issus des programmes nationaux et régionaux de surveillance de la qualité des eaux et des milieux naturels*
• *les résultats d'un « profil d'eau de baignade » (article D1332-20 du Code de la santé publique) appliqué à la zone de prélèvement de l'eau de remplissage de la baignade (profil d'eau de remplissage).*

Limites de qualité microbiologique (valeurs impératives)de l'eau de remplissage des baignades artificielles en eau douce (eaux intérieures)

	Système ouvert	Système fermé
Escherichia coli (UFC/100 ml)	500	100
Entérocoques intestinaux (UFC/100 ml)	200	40

Il est également nécessaire de s'assurer de la disponibilité de la ressource en eau de remplissage afin de garantir tout au long de la saison balnéaire un volume disponible suffisant pour satisfaire les exigences de gestion hydraulique. »

Remarque 1 : Certaines baignades étant utilisées avant ou après la saison balnéaire, il convient de parler de « saison d'utilisation » plutôt que de « saison balnéaire ».

Remarque 2 : Lorsque l'eau de remplissage provient d'un forage et que la qualité de l'eau de ce dernier se détériore, il est nécessaire de pouvoir s'approvisionner sur le réseau de distribution d'eau potable.

3.3. Réalisation des bassins

3.3.1. Choix des matériaux de construction et de décoration

Les matériaux les plus couramment utilisés pour la structure sont les suivants :
• le béton
• les bois de classe de risques 4 (bois autoclavés traités à cœur ou bois exotiques).

Les matériaux les plus couramment utilisés pour les matériaux en contact avec l'eau sont les suivants :
• géomembrane PVC, EPDM ou polypropylène (cf. § 3.3.6)
• polyester, polyuréthane
• bois : tout bois sans traitement ne relâchant pas de tanin, avec peu d'échardes (exemples d'essences usuellement utilisées : mélèze, robinier, douglas)
• galets lavés roulés non calcaires
• pouzzolane.

3.3.2. Caractéristiques des matériaux de construction

Compte tenu de leur mise en œuvre dans un système qui repose sur un équilibre, les matériaux doivent respecter les contraintes suivantes :
• absence de toxicité pour le développement de la faune et de la flore
• absence d'impact sur l'équilibre physico-chimique de la baignade (pas de relargage).
Par ailleurs, tous les matériaux de construction doivent être conformes aux normes en vigueur, et mis en œuvre selon les DTU et règles de l'art qui s'y rapportent.

3.3.2.1. Caractéristiques des bétons

Les bétons prêts à l'emploi doivent provenir d'une centrale agréée par les services compétents.

Tableau 1. Bétons couramment utilisés

Catégorie	Composition	Résistance*	Utilisation
Béton N°1	• Ciment CPA 45 ou CHF : 250 kg/m³ • Sable 0,08/5 : 400 l/m³ Gravillons 6,3/2 • Galets 25/100 : 800 l/m³	16 MPa	Béton de propreté et gros béton
Béton N°2	• Ciment CPJ 45 : 350 kg/m³ • Sable 0,08/5 : 400 l/m³ • Gravillons 6,3/25 : 850 l/m³	25 MPa	Ouvrage en béton armé, murs, poutres, dalles, dallages

** test de résistance minimale en compression à 28 jours*

Leurs adjuvants doivent obligatoirement répondre aux spécifications des normes NF en vigueur.

Le mode d'emploi et le dosage des adjuvants doivent respecter strictement les indications portées dans la norme correspondante. Le dosage est assuré par un système mécanique.

Les chlorures sont interdits dans tous les cas.

Les bétons peuvent être mis en œuvre par temps de gel, dans la limite des possibilités et des autorisations données par le bureau de contrôle ou le maître d'œuvre.

Les compositions des mortiers les plus courants sont données à titre indicatif :
• mortier N°1 : CPA 45 à 500 kg/m³, pour chapes et gobetis des enduits
• mortier N°2 : CPA 45 à 350 kg/m³, pour hourdis de maçonnerie et corps d'enduit.

3.3.2.2. Caractéristiques des armatures

Tableau 2. Aciers couramment utilisés

Type d'acier	Caractéristiques	Limite d'élasticité
Acier doux	Acier Fe E 24 (ronds lisses bruts de laminage)	fe = 240 MPa
Acier H.A.	Acier Fe E 50 armatures à haute adhérence	fe = 500 MPa
Treillis soudés	Acier Fe E 50 en fils lisses ou à haute adhérence	fe = 500 MPa

Les armatures sont placées à distances réglementaires des parois et doivent être maintenues efficacement à l'aide de cales et de cavaliers appropriés. Les rayons de courbure sont ceux donnés par la fiche d'homologation de l'acier employé.

3.3.2.3. Caractéristiques des matériaux bois

Compte tenu de l'environnement humide, les bois utilisés doivent être de classe de risques 4.

3.3.3. Travaux de terrassement

Les travaux de terrassement des baignades artificielles sont comparables à ceux des piscines « traditionnelles ». Les mêmes règles s'appliquent dans les deux cas.
L'accord AFNOR AC P90-322 Piscines privées à usage familial définit les règles et principes de construction des piscines.

3.3.4. Travaux de drainage

Il peut être nécessaire de compléter l'installation par un drain périphérique en fond de construction.

3.3.5. Construction du bassin de nage et du local technique

En plus des conditions générales de réalisation des fondations, il faut envisager la mise en place d'un puits de décompression et d'un exutoire (de préférence gravitaire), notamment lorsque le niveau de la nappe phréatique ou des sources est plus haut que le fond du terrassement des bassins.

Note 1 : Les types de construction ci-dessous ne constituent pas une liste exhaustive des possibilités techniques existantes.

Note 2 : Il est indispensable de se référer à la législation en vigueur, notamment concernant les sols antidérapants dans la baignade et en périphérie de cette dernière.

3.3.5.1. Murs et cuve en béton

Les murs en béton coulé, banché, ou en plaques de béton préfabriquées doivent répondre aux règles de calcul du fascicule 74 intitulé Constructions des réservoirs en béton et aux règles de calcul du Cahier des charges applicable à la construction des bassins de piscines à structure en béton (Institut technique du bâtiment et des travaux publics - ITBTP, supplément au n°350 mai 1977, série : béton, n°166). Ils sont posés sur un radier constitué d'une dalle béton armé de 12 cm d'épaisseur. Les murs et le radier sont reliés entre eux par leurs armatures acier respectives.

3.3.5.2. Construction bois

Les structures bois sont de deux types :

- structure bois extérieure posée sur une dalle béton. Le bois à utiliser est autoclavé de classe 4 et son épaisseur totale est de 4,5 cm ou plus. Il est mortaisé et double rainuré ou renforcé par un autre système lui permettant de compenser la pression de l'eau aux angles. La technique d'assemblage de la structure peut être combinée avec des renforts ou jambes de force, en fonction des recommandations du fabricant.
- structure bois immergée. L'essence utilisée doit être naturellement imputrescible. La structure est entièrement immergée, posée sur une géomembrane EPDM ou équivalent.

Quand les structures bois sont mises en place sur membrane EPDM 1,15 mm, elles doivent être protégées par un géotextile de classe 6.

3.3.5.3. Structures béton panneaux coffrants

L'offre des fournisseurs est assez variée pour les structures panneaux coffrants. Il s'agit généralement d'un complexe formé de deux panneaux en polypropylène ou en un autre matériau de synthèse formant un coffrage perdu, pré-armé, que l'on remplit de béton normalisé pour obtenir un mur plein avec une quinzaine de centimètres d'épaisseur de béton armé.
La membrane d'étanchéité se pose alors avec ou sans feutre géotextile anti-poinçonnant sur les panneaux. Les murs et radiers doivent être liés par leur armature suivant l'avis technique et la notice de construction du fabricant et conformément aux préconisations du DTU 21, intitulé Exécution des ouvrages en béton.

3.3.5.4. Coque polyester

Les coques polyester sont préformées, avec une profondeur minimum. Pour respecter la cohérence avec le présent document, il faut bien vérifier qu'elles admettent une profondeur de 1,50 m.
La préparation pour la pose d'une coque doit être exécutée minutieusement. Elles sont mises en œuvre sur une couche de graviers ou sur un radier béton. Il faut se référer aux normes piscines (DTP n°14, AFNOR AC P90-322) et aux indications fournisseurs.

3.3.6. Etanchéité des bassins

Note : Les bassins en béton brut sans revêtement et sans garantie de non relargage ainsi que les étanchéités argile n'entrent pas pour le moment dans le périmètre de ces règles. Ils pourront faire l'objet d'un avenant ultérieur.

Les membranes d'étanchéité sont posées sur des supports propres : mur enduit ou terrain naturel stable de résistance homogène, purgé de tous cailloux.

Il existe plusieurs types de matériaux possibles. Toutes les membranes sans incidence sur la flore et la faune aquatique (absence de relargage garantie) peuvent être utilisées.
Le tableau 6 synthétise les matériaux, leurs spécificités, leurs avantages et leurs inconvénients.

Les étanchéités doivent être posées par un professionnel de l'étanchéité, ou par une entreprise habilitée par le fournisseur d'étanchéité.

Selon la nature du support, ces différentes géomembranes peuvent être protégées par un géotextile afin d'éviter tout dommage et/ou perforation due au poinçonnement. La protection apportée par le géotextile permet d'augmenter la durée de vie des géomembranes

Le géotextile de protection doit être non tissé, thermolié et aiguilleté. Il faut totalement exclure les géotextiles tissés qui ne sont pas du tout adaptés à cet usage de protection.
Le choix du géotextile de protection ne doit pas être uniquement fait sur le seul critère du poids (grammage/m²) mais par les valeurs de résistance au poinçonnement dynamique et statique, de résistance à la déchirure, de traction et de perméabilité.
Le géotextile peut aussi être traité avec des produits antifongiques, notamment si les membranes d'étanchéité utilisées sont d'une épaisseur inférieure à 1 mm.

Remarque : La mise en œuvre d'un géotextile au dessus d'une membrane est interdite dans le bassin de nage (risque de contamination potentielle).

Les tableaux 3, 4 et 5 synthétisent les valeurs minimales recommandées pour les géotextiles de classe 6.

Tableau 3. Caractéristiques descriptives

	Valeur nominale annoncée par le producteur (Vnap)	Plage relative de variation à 95% (PRV 95) en %
Epaisseur sous 2 kPa (mm) NF EN 964-1	3,0	± 20 %
Masse surfacique (g/m²)	300	± 10 %

Tableau 4. Caractéristiques mécaniques

	Valeur nominale annoncée par le producteur (Vnap)	Plage relative de variation à 95% (PRV 95) en %
Résistance à la traction (kN/m) NF EN ISO 10319 SP ST	20 20	-13 % -13 %
Déformation à l'effort de traction maximale (%) NF EN ISO 10319 SP ST	110 110	± 23 % ± 23 %
Perforation dynamique (chute de cône) (mm) NF EN 918	10	+ 20 %
Poinçonnement statique (kN) NF G 38 019	2	- 30 %

Tableau 5. Caractéristiques hydrauliques

	Valeur nominale annoncée par le producteur (Vnap)	Plage relative de variation à 95% (PRV 95) en %
Perméabilité normalement au plan (m/s) NF EN ISO 11058	0,051	- 30 %
Ouverture de filtration caractéristique (µm) NF EN ISO 12956	64	± 30 %
Capacité de débit dans leur plan (m²/s) NF EN ISO 12958 **20 kPa SP** **100 kPa SP**	 $8{,}2.10^{-6}$ $2{,}0.10^{-6}$	 -10 % sur –log q -10 % sur –log q

Tableau 6. Matériaux d'étanchéité recommandés

Matériau	Avantages	Inconvénients	Spécificités
Béton adjuvanté	• Solidité importante • Plusieurs couleurs disponibles	• L'excavation doit être plus profonde que lors de l'utilisation d'une bâche • Risque de mauvaise étanchéité du bassin en béton : fissures difficiles à réparer • Restrictif quant à la forme du bassin / finitions délicates et peu naturelles • Coût de réalisation élevé	Nécessite un adjuvant pour assurer la comptabilité faune-flore
Complexe de résine polyester	• Très bonne qualité de matériau • Grande liberté pour donner les formes du bassin • Solidité maximum dans le temps	• Coût très élevé (fournitures et temps de réalisation) • Température de pose comprise entre 15 et 25°C et par temps sec • Mise en œuvre difficile, elle doit être réalisée par un professionnel • Dégagement nocif à la pose, port de masque obligatoire	Sur fibre de verre
Complexe de résine polyester souple	• Très bonne qualité de matériau • Grande liberté pour donner les formes du bassin • Solidité maximum dans le temps (insensible aux variations thermiques, aux UV, etc.) • Très résistant à la déchirure (122 kg / cm² à 0°, 70 % d'élasticité à la même température) • La résine polyester souple peut s'appliquer par n'importe quelle température supérieure à 2°C • Choix des couleurs, y compris transparent	• Coût élevé (fournitures) • Pose par temps sec et sur support assez poreux et sec • Mise en œuvre méticuleuse	
Complexe de résine polyuréthane	• Très bonne qualité de matériau mono-composant • S'applique sur diférents supports (béton, mortier, ciment, brique, tuiles en céramique, produits bitumineux, acier, zinc, etc.) • Grande liberté pour donner les formes du bassin • Solidité maximum dans le temps (insensible aux variations thermiques, aux UV, etc.) • Reste souple et élastique dans le temps, plus de 400 % d'élongation • Choix des couleurs, y compris transparent	• Temps d'application très important (nécessite un minimum de cinq passages) • Travail sous abris ventilé conseillé • Très onéreux	

Tableau 6. Matériaux d'étanchéité recommandés (suite)

Matériau	Avantages	Inconvénients	Spécificités
Géomembrane PVC armée	• Souple d'utilisation : formes non imposées • Coût intéressant • Surface non limitée du fait que chaque bande de membrane PVC se colle (ou se thermosoude) • Plusieurs couleurs disponibles • Pose conforme à la norme NFT 54-804	• À des températures inférieures à 10°C, il est recommandé de couvrir et/ou de chauffer le bassin pendant la pose • Par temps de pluie ou de neige, il est recommandé de ne pas effectuer de pose sans protection de l'ouvrage • Dénaturation lente de la bâche au contact des UV (à long terme) • La pose doit être faite par un professionnel	Epaisseurs : • 1,2 mm • 1,5 mm • 2,0 mm
Géomembrane EPDM	• Mêmes avantages que la géomembrane PVC armée (sauf le coût) • Mise en œuvre simplifiée (peu de plis, forte élasticité (300 %), grande résistance) • La pose de la bâche s'effectue quelle que soit la température • Le collage de la bâche s'effectue sur tous supports (métal, bois, béton) • Résistant aux UV • Durée de vie très intéressante (environ 50 ans) • Meilleur rapport qualité/prix/durée de vie	• Coût plus élevé que celui de la bâche PVC • Seule la couleur noire est disponible • Collage à froid par vulcanisation nécessitant une bonne connaissance technique	• Épaisseur : entre 1,08 mm et 1,15 mm • Élasticité minimale : 300 % • Poinçonnement : NF P84-507 – 14,6 N/mm^2 • Garantie : 10 à 20 ans suivant fournisseur de la bâche EPDM mais durée de vie annoncée supérieure à 50 ans
Géomembrane polypropylène	• Thermo-soudable aux formes souhaitées • Résistant aux UV • Produit inoffensif pour l'environnement • Différentes couleurs disponibles	• La pose doit être faite par un professionnel certifié à l'issue de la formation dispensée par le fournisseur de la membrane • Coût d'installation final élevé (fournitures et temps de pose)	Garantie de 10 ans

Attention :
• le géotextile extérieur ne doit pas dépasser le haut de la bordure périphérique pour ne pas jouer un rôle de buvard.
• lorsque la baignade se trouve encaissée par rapport à l'environnement immédiat, prévoir une tranchée drainante de faible profondeur (25-30 cm) le long de la bordure pour évacuer les eaux de ruissellement. Sa largeur est d'au minimum 30 cm et sa granulométrie de 20-40 mm, comportant un drain d'une section minimale de 80 mm.

Point de contrôle

La construction doit répondre aux objectifs de résultat suivant :
• le type de bassin, sa forme, sa profondeur, doivent être telles qu'elles ne limitent pas la circulation de l'eau
• le bassin ne doit comporter aucune zone morte (saisine AFSSET n° 2006/SA/11 8.2.1)
• la vidange doit pouvoir être totale par un ou plusieurs point(s) bas.

3.4. Mise en œuvre des systèmes de filtration

3.4.1. Gestion hydraulique et hydraulicité

La gestion hydraulique doit prendre en compte l'écoulement et la circulation de l'eau dans l'ensemble de la baignade : zone de nage, filtrations et berges. Elle doit répondre aux critères d'hydraulicité, d'hydrodynamique et de recirculation de l'eau, et plus particulièrement au taux de renouvellement.

3.4.2. Règles de gestion hydraulique

3.4.2.1. Zones de filtration

La filtration concerne obligatoirement la surface et le fond, qui sont les deux zones de pollution. Pour des plans dont la surface est inférieure à 200 m², il est nécessaire de prévoir un écumeur de surface pour 25 m² de plan d'eau. Pour une surface supérieure à 200 m², un système de débordement est obligatoire. En outre, l'eau est aspirée par des bondes de fond, un dispositif gérant une surface en général de 40 m².
Un minimum de 50 % de l'eau filtrée doit provenir de la surface.

3.4.2.1.1. Aspiration de fond

La vitesse d'aspiration maximale des bondes de fond est de 0,5 m/s.
Pour rester en conformité avec la norme EN 13451-3, l'installation des bondes de fond est faite en respectant les indications des fournisseurs, les dispositions réglementaires en vigueur et le tableau 7 des vitesses de l'eau selon les sections.

3.4.2.1.2. Bouches de refoulement

Le débit des bouches de refoulement est de 5 à 10m³/h pour les diamètres de 50 mm et de 63 mm et de 20 à 30 m³/h pour les diamètres de 90 mm.

Remarque : Une bouche de refoulement, entièrement immergée et de diamètre 50 mm, bien orientée (c'est-à-dire refoulant tangentiellement sous la surface) et à faible vitesse, participe au bon écumage superficiel du plan d'eau et est communément appelée bouillonnement.

Quand le refoulement est fait partiellement par des jeux d'eau, il est limité à 5 % du débit de circulation afin de :
• limiter le dégazage de CO_2
• éviter la stratification
• limiter, voire empêcher la reprise directe par les points d'aspirations de surface.

Le dégazage de CO_2
Le dégazage est particulièrement effectif pour le gaz carbonique (CO_2) dissous du fait de la différence de pression partielle qui s'effectue en sortie de jet.

L'oxygénation est assurée par l'effet cascade de la retombée de l'eau.

La ré-oxygénation est bénéfique en bassin lorsqu'elle n'est pas de grande ampleur. Néanmoins, elle peut provoquer une montée de pH pouvant devenir excessive et ainsi favoriser la précipitation de carbonates. Un pH basique ne fera qu'amplifier le phénomène.

En revanche, le dégazage du CO_2 est néfaste. En effet, le CO2 intervient dans la capacité de l'eau à avoir un pouvoir tampon, ou pouvoir régulateur. Ceci tient à l'équilibre entre le **bicarbonate de calcium** ($Ca(HCO_3)_2$) et le CO_2 exprimé dans la réaction suivante :

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \leftrightarrow Ca(HCO_3)_2$$

Le $Ca(HCO_3)_2$ est un sel **très soluble dans l'eau**, il est donc invisible. En revanche, le carbonate de calcium **$CaCO_3$ est fortement insoluble** dans les conditions habituelles et précipite (précipité blanc).

Par conséquent, un dégazage excessif du CO_2 contribue à déplacer l'équilibre de la réaction vers la gauche et donc à augmenter la teneur en carbonate de calcium qui va précipiter et ainsi favoriser le développement d'algues filamenteuses.

3.4.2.1.3. Fréquence de filtration

La fréquence de filtration est définie par la réglementation applicable aux piscines publiques (dispositions de l'article 5 du décret du 7 avril 1981).
Pour une baignade dont la surface totale est supérieure à 240 m², le temps de renouvellement de l'eau est inférieur ou égal à :
• 1h30 pour les bassins ou parties de bassins de profondeur inférieure ou égale à 1,50 m
• 4h pour les bassins ou parties de bassins de profondeur supérieure à 1,50 m.
Ces valeurs sont reprises également par le rapport de juillet 2009 de l'Afsset sur les Risques sanitaires liés aux baignades artificielles.

Pour une baignade dont la surface est inférieure à 240 m², le renouvellement de l'ensemble du volume d'eau est effectué en 4h maximum.

De plus, il ne doit pas exister de zones d'eau stagnante, le niveau de l'eau doit rester constant, géré par un système de trop plein. L'usage d'une sonde de niveau est fortement conseillé.
Les apports d'eau neuve proviennent préférentiellement du réseau de distribution d'eau potable, en s'assurant de la mise en place d'un dispositif de disconnexion hydraulique.

Cas particulier du brassage : le brassage simple est proscrit.

Toute eau en mouvement doit être filtrée (source : rapport de juillet 2009 de l'Afsset sur les Risques sanitaires liés aux baignades artificielles).

3.4.2.2. Le matériel hydraulique et le circuit de filtration

3.4.2.2.1. Pompes

Les pompes doivent :

- respecter les normes et réglementations en vigueur, et notamment en termes de sécurité électrique
- soit être en charge par rapport à la surface de la baignade jusqu'à la verticalité de la pompe ou soit être auto-amorçantes
- être démontables.

3.4.2.2.2. Canalisations

Les canalisations (minimum PN10) sont utilisées dans le local technique, au droit des parois et à la sortie des appareils. Les canalisations sont en polyéthylène et en PVC flexible semi souple et sont réservées aux parties enterrées. Par ailleurs, la vitesse maximale est de 1,5 m/s dans les tuyaux. Le tableau 7 synthétise les rapports débit-diamètre permettant d'obtenir une vitesse inférieure ou égale à 1,5 m/s. En outre, les réseaux doivent être protégés par du sable et de la terre meuble sans pierres sur 20 à 30 cm et équipés d'un grillage avertisseur dans les tranchées.

Tableau 7. Rapport débit-diamètre pour un tuyau souple PN16 pour une vitesse maximale recommandée de 1,5 m/s

	Diamètre extérieur (mm)	50	63	75	90	110	125	140	160	200
Débit (m^3/h)		0,78	0,49							
	6	1,17	0,73	0,52						
	8	1,56	0,97	0,69	0,48					
	10	1,95	1,21	0,86	0,6					
	12	2,34	1,46	1,04	0,72					
	14		1,7	1,21	0,84	0,53				
	16		1,94	1,38	0,95	0,6				
	18			1,55	1,07	0,68	0,53			
	20			1,73	1,19	0,75	0,58	0,46		
	25				1,49	0,94	0,73	0,58		
	30				1,79	1,13	0,88	0,69	0,53	
	35				2,09	1,32	1,02	0,81	061	
	40					1,5	1,17	0,92	0,7	
	45					1,69	1,32	1,04	0,79	
	50					1,88	1,46	1,15	0,88	0,57
	60						1,75	1,38	1,07	0,69
	70						2,05	1,61	1,23	0,8
	80							1,84	1,4	0,91
	90								1,58	1,03
	100								1,75	1,14
	110									1,26
	120									1,37
	130									1,48
	140									1,6
	150									1,71

3.4.2.3. Caractéristiques des vitesses de filtration et dimensionnement

L'aspiration de surface est primordiale. Aussi, un minimum de 50 % du volume filtré provient des eaux de surface du bassin de nage et des zones de berges.

Les systèmes d'aspiration de l'eau sont les suivants (cf. article 4 du décret du 7 avril 1981) :

- **skimmer :** les écumeurs de surface ne peuvent être installés que dans les bassins dont la superficie du plan d'eau est inférieure ou égale à 200 m² ; il doit, dans ce cas, y avoir au moins un écumeur de surface pour 25 m² de plan d'eau
- **débordement :** il est obligatoire dès 200 m² de surface du bassin de nage. Il doit représenter au moins 50 % du périmètre de ce dernier (source : rapport de juillet 2009 de l'Afsset sur les Risques sanitaires liés aux baignades artificielles).
- **bonde de fond :** prévoir une bonde de fond pour 40m² et installer les bondes de fond à l'opposé des systèmes de refoulement des eaux.

3.4.2.4. Vidange et nettoyage

3.4.2.4.1. Nettoyage des canalisations

Des bouchons dévissables sont utilisés dans les angles les plus inaccessibles du circuit afin d'en faciliter le nettoyage.

3.4.2.4.2. Nettoyage des systèmes de filtration

Le nettoyage intégral des systèmes de filtration physique et biologique doit être possible, ainsi que la vidange totale du circuit d'eau.

3.4.2.5. Mesure de la vitesse de circulation

Des débitmètres permettent de s'assurer que l'eau de chaque bassin est recyclée conformément aux dispositions décrites précédemment (taux de recirculation et aspiration de surface).
Dans le cas de baignades privées, un contrôle volumétrique sera considéré comme suffisant.

Point de contrôle

Vérifier que le débit en sortie du circuit filtrant permette d'atteindre le taux de renouvellement de l'eau souhaité (cf. § 3.4.2.1.3).

3.4.3. Les systèmes de filtration

3.4.3.1. Préfiltration

Les skimmers équipés de paniers collecteurs ne sont pas considérés comme des outils de filtration mécanique à proprement parler. Ils jouent le rôle de préfiltres et permettent d'éliminer des objets de grande dimension (feuilles, jouets, graviers, petits animaux tels que grenouilles ou mulots, etc.). Ces dispositifs ne sont pas obligatoires. Ils peuvent être remplacés par des systèmes à débordement.

3.4.3.2. Filtration mécanique

Toute l'eau doit transiter par la filtration mécanique car il s'agit d'une étape obligatoire. La finesse de filtration à la fin de l'étape de filtration mécanique est au minimum de 500 µm. Pour éviter un encrassement rapide du système de filtration biologique, il est conseillé de limiter la taille des particules sortant de la filtration mécanique à 200 µm.

La filtration mécanique peut être composée de plusieurs filtres. Ces filtres peuvent être gravitaires (vases communicants), en dépression ou sous pression.

3.4.3.3. Filtration biologique

Le dimensionnement et le choix de la masse filtrante d'un système de filtration biologique doit permettre un développement correct du biofilm et, par conséquent, un abattement efficace des matières en solution. La masse filtrante doit être compatible faune-flore et non polluante. Par ailleurs, l'agencement des particules qui servent de support à la biomasse est tel qu'il n'y a pas de création de passage préférentiel. Enfin, le fonctionnement du système de filtration biologique est aérobie.

Un baigneur apporte en moyenne par bain 0,8 à 1 g d'azote total. A titre d'ordre de grandeur, l'oxydation en nitrates d'un gramme d'ammonium requiert 4,57 g d'oxygène. Afin que la filtration biologique se déroule en milieu aérobie, il est nécessaire de :

- disposer d'un support bactérien permettant la croissance d'un biofilm susceptible de transformer et assimiler la matière en suspension et les composés en solution.
Ceci est assuré par des substrats dont la surface spécifique est au minimum de 200 m²/m³. La vitesse de passage de l'eau doit être conforme aux prescriptions hydrauliques afin d'éviter l'érosion permanente du biofilm.
- veiller à ce que le renouvellement de l'eau soit conforme aux prescriptions reprises au § 3.4.2.1.3 pour que la concentration en oxygène dans le filtre reste suffisante
- éviter l'encrassement et le colmatage du filtre. De ce fait, le nettoyage régulier du filtre est impératif. Ce dernier doit pour cela pouvoir être démonté entièrement.

Point de contrôle

- absence de débordement de la filtration et/ou absence de baisse de débit (afin de contrôler le colmatage des filtres mécaniques)
- absence d'odeur.

3.4.3.4. Système de phyto-épuration

L'utilisation d'un système de phyto-épuration est optionnelle. Il ne peut pas être utilisé seul mais uniquement en complément d'une filtration mécanique et biologique. Selon les cas et en fonction du type de lagunage, cette filtration complémentaire concerne entre 25 et 100 % du débit de refoulement total.
La phyto-épuration est située en aval de la filtration biologique et en amont du bassin de nage.
Toutes les espèces de plantes considérées comme toxiques doivent être proscrites du système de phyto-épuration (cf. annexe C.C.10-A1-R0). Par ailleurs, outre les caractéristiques de toxicité, les critères suivants doivent être pris en compte dans le choix des plantes :

- les concentrations résiduelles en éléments nutritifs. Si les besoins des plantes en éléments nutritifs sont importants, ils impliquent la présence de substrat au niveau des racines, ce qui est incompatible avec la qualité attendue de l'eau de baignade
- les concentrations résiduelles en azote. L'azote est généralement fourni par la minéralisation de la matière organique. Or les eaux de baignades ne fournissent que peu de matière organique.

D'une manière générale, il faut retenir que la quantité, la densité et le type de plantes présentes dans une baignade sont fonctions du niveau d'utilisation et de fréquentation de la baignade, le système devant à terme s'autoréguler.

3.4.3.5. Autres traitements optionnels

Selon l'origine des eaux utilisées ou selon l'exposition d'un site de baignade à des intrants aériens, la qualité de l'eau peut justifier le recours à des traitements complémentaires. C'est le cas par exemple pour l'élimination du phosphore. Comme cela est indiqué dans le tableau 9 (cf. § 3.4.4.1), la concentration en phosphates doit être limitée à 0,03 mg/l pour éviter la croissance incontrôlée d'algues. L'efficacité du filtre biologique et/ou de la zone de phyto-épuration pour la limitation des teneurs en phosphate ne suffit pas toujours. En effet, l'eau de distribution, les engrais amenés par le vent, les mesures d'adoucissement de l'eau, sont autant de sources extérieures potentielles de phosphore. Dans ce cadre, le recours à des filtres spécifiques utilisant des résines assurant l'adsorption des phosphates est indispensable.

Une telle situation peut se produire pour d'autres composés que ceux dérivés du phosphore. Cela peut être le cas pour l'azote, le potassium et le fer notamment. L'utilisation de traitements spécifiques doit donc être envisagée dans une diversité de cas.
Quoi qu'il en soit, ces traitements ne peuvent déroger aux principes des baignades artificielles à filtration intensive décrits dans les présentes règles professionnelles. Il est donc impératif que ces traitements ne libèrent aucune substance rémanente et/ou biocide dans le milieu aquatique.

Système mécanique de stockage des phosphates

L'utilisation de média filtrant rétenteur de phosphates est possible si tant est que son innocuité est avérée. Cette filtration doit être placée en aval de la filtration physique et biologique, que ce soit en mode gravitaire, en dépression ou sous pression.

Note : Ce traitement est défavorable au développement d'un lagunage car il prive les plantes d'un apport nutritif essentiel.

Les nitrates

Selon l'épaisseur du biofilm sur le/les média(s) filtrant(s) biologique(s), il est possible de constater un abattement plus ou moins significatif des nitrates par un effet anaérobie partiel mais prononcé. Les micro-organismes des couches inférieures du biofilm ne recevant que très peu ou plus d'oxygène, ils consomment celui des nitrates.
L'usage de médiat rétenteur est possible dans les mêmes conditions que pour les phosphates, avec la même remarque pour le végétal.

Le fer

La teneur maximale de fer autorisée pour l'eau potable est de 200 µg/l, soit 0,2 mg/l.
Un bon potentiel redox (27 ou plus) permet de maintenir un taux de fer en solution au plus bas. Grâce à la précipitation, l'hydroxyde de fer obtenu se fixe ensuite sur le média désiré :

$$Fe^{2+} \xrightarrow[\text{oxydation}]{} Fe^{3+} \xrightarrow[\text{précipitation}]{} Fe(OH)_3$$

On peut imaginer aussi éliminer un taux excédant via des micro-organismes dont le métabolisme utilise l'oxydation du fer.

3.4.3.6. Système de désinfection

Le système de désinfection est facultatif pour les baignades privées. Il est positionné en aval de la filtration biologique.

Les techniques utilisées peuvent être :
• les rayons UV
• l'ultrafiltration (micro ou la nanofiltration).

Tableau 8. Systèmes de désinfection utilisés

Technique	Risques	Préconisation
Rayons UV	Moindre efficacité pour les eaux chargées en matières organiques	À utiliser en fin de traitement
Ultrafiltration	Cette technique peut entraîner des pertes de charge importantes	À utiliser sur un faible débit

Bien que l'ensemble des recommandations reprises dans ce document limitent les conditions propices à la prolifération de micro-algues et cyanobactéries (confinement des eaux, faible profondeur, accumulation des nutriments, montée rapide de la température de l'eau, etc.), la libération de toxines issues de la rupture des parois cellulaires doit être évitée. C'est pourquoi il est nécessaire de contrôler la qualité de l'eau intermédiaire en sortie de la filtration biologique lorsque la technique des rayons UV est retenue.
Lorsque les contrôles de l'eau intermédiaire prélevée en sortie immédiate du film bactérien ne sont pas conformes aux valeurs impératives eau de baignade du tableau 9 (cf. § 3.4.4.1) pour les critères phosphore, transparence, DCO et DBO5, le traitement UV ne doit pas être appliqué. Une analyse complète doit par ailleurs être réalisée afin de déterminer l'origine du dysfonctionnement et d'obtenir une qualité d'eau satisfaisante.

Point de contrôle

Application d'un traitement UV uniquement si l'eau intermédiaire est conforme aux valeurs du tableau 9 du § 3.4.4.1 pour les critères phosphore, transparence, DCO et DBO5.

Point de contrôle relatif aux systèmes de filtration

Prélèvement d'eau

Des robinets de puisage d'accès facile doivent être installés sur les baignades publiques. Ils doivent être localisés :
• au moins avant filtration, immédiatement avant l'entrée de l'eau dans chaque filtre
• après filtration et en amont du système UV lorsque ce système est présent
• après filtration, le plus près possible de l'arrivée à chaque bassin.

Vérification du système de filtration

Afin de vérifier le bon fonctionnement du système de filtration, il est recommandé de procéder au test de visibilité du disque de Secchi. Ce dernier doit être visible jusqu'au fond de la baignade.

Un suivi régulier des paramètres physico-chimiques de l'eau tels que ceux référencés dans le § 3.4.4.1 est indispensable pour mettre en évidence toute dérive de l'équilibre de l'eau, tant du point de vue de l'équilibre calco-carbonique (pH, KH et GH) que du cycle de l'azote et du cycle du phosphore.

3.4.4. Le contrôle de la qualité sanitaire de l'eau de baignade

Il est recommandé que l'alimentation en eau des baignades soit assurée par le réseau de distribution publique. Pour les baignades accueillant du public, la réglementation stipule que toute utilisation d'eau d'une autre origine doit faire l'objet d'une autorisation prise par arrêté préfectoral sur proposition du directeur général de l'Agence régionale de santé (ARS) après avis du Conseil départemental de l'environnement et des risques sanitaires et technologiques (CODERST) (Article D1332-4 du Code de la santé publique).
L'eau du réseau public reste la solution à privilégier pour les piscines privées mais il est toutefois recommandé de procéder à une analyse de l'eau dans la mesure où les critères de potabilité de cette dernière sont quelque fois moins restrictifs que ceux exigés pour les eaux de baignade (taux de phosphate notamment). Si elle provient d'eau de forage ou de puits, il faudra produire une analyse physico-chimique et microbiologique préalable et s'assurer de la stabilité de la ressource. L'eau de récupération (toiture par exemple) est interdite.

Point de contrôle

L'eau des bassins des baignades doit répondre aux normes physiques, chimiques et microbiologiques compatibles avec le maintien du fonctionnement biologique et avec les normes de santé publique (cf. tableaux 9 et 10).

Les dangers sanitaires identifiés sont les suivants (classement par ordre décroissant d'importance sanitaire) :
- les microorganismes pathogènes apportés par les baigneurs
- les toxines de micro algues et de cyanobactéries
- les intrants microbiens de l'environnement via l'eau de remplissage de la baignade, les ruissellements d'eau souillée, l'intrusion d'animaux
- les intrants organiques chimiques de l'environnement qui se manifestent par un développement algal
- une analyse non conforme par rapport aux données des tableaux 9 et 10.

3.4.4.1. Caractéristiques physico-chimiques

Les caractéristiques physico-chimiques des eaux de remplissage et de baignade doivent être conformes aux données du tableau 9.
Par ailleurs, lorsque la technique des rayons UV est retenue et qu'il s'agit d'une baignade publique ou semi-publique, la DCO et la DBO5 doivent être contrôlées entre la filtration et le traitement UV. Le contrôle de la DCO et de la DBO5 entre la filtration et le traitement UV est recommandé pour les baignades privées (la DCO servant à mesurer l'efficacité de la filtration mécanique).

Tableau 9. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau de baignade[1]

Paramètre et unité	Abréviation	Eau de remplissage	Eau de baignade			Commentaires
			Valeur guide	Valeur impérative	Fréquence d'échantillonnage	
Potentiel hydrogène	pH	6-9	8	7,5 à 8,5	Mensuelle	
Dureté carbonatée (degrés allemands[2])	KH	<12	8 à 12	>6	Mensuelle	Valeur de KH idéale = 75 % de la valeur du GH
Dureté totale (degrés allemands[2])	GH ou TH	<16	12 à 16	10 à 20	Mensuelle	
Nitrite (mg/l)	NO_2-	0,5	0	<0,5	2 fois /an	
Nitrate (mg/l)	NO_3-	<20	0	<10	2 fois /an	
Phosphore total (mg/l)	PT	<1	0	<0,03	2 fois /an	
Ammoniaque (mg/l)	NH_4+	10	0	<0,1	2 fois /an	
Potentiel redox	rH	20 à 40	>27	23 à 31	2 fois /an	
Transparence (cm)		>150	>200	>150	Mensuelle	Disque de Secchi
Demande chimique en O_2 (mg/l)	DCO	<10	<15	<20	• En cas de problème • Mensuelle si utilisation d'UV	Méthode = ISO 15705 par spectrophométrie
Demande biologique en O_2 (mg/l)	DBO5	<2	<1	<3	• En cas de problème • Mensuelle si utilisation d'UV	Méthode = NF EN 1899 (T90-103) par potentiométrie

[1] les laboratoires mesurent les paramètres autour de 20°C. Pour certaines valeurs sensibles à la température, les valeurs mesurées sont recalculées à 25°C. Pour les autres valeurs, on considère 20°C plus ou moins 5°C.
[2] 1 degré français = 1,78 degré allemand

3.4.4.2. Populations bactériennes présentant un risque pour la santé humaine

Certaines populations bactériennes présentant un risque pour la santé humaine sont susceptibles d'être apportées par l'eau d'alimentation ou par les baigneurs et de se développer dans les baignades. De ce fait, il est nécessaire de surveiller les populations citées dans le tableau 10.

Tableau 10. Population bactérienne présentant un risque pour la santé humaine

Population	Fréquence	Méthode	Limites (UFC/100ml)
Escherichia coli	hebdomadaire ou bimensuelle	NF EN 9308-3	100
Entérocoques intestinaux	hebdomadaire ou bimensuelle	NF EN 7899-1	40
Staphylococcus aureus	hebdomadaire ou bimensuelle	XP T90-412	• Valeur guide : 20 • Valeur impérative: 200
Cryptosporidium spp	A déterminer par l'ARS en fonction de l'étude de vulnérabilité et des autres résultats microbiologiques		
Giardia	A déterminer par l'ARS en fonction de l'étude de vulnérabilité et des autres résultats microbiologiques		
Cyanobactéries	Mensuelle	Analyse complète (numération des cellules et identification des genres majoritaires)	Inférieur à 20 000 cell/ml (source : ARS Bretagne)
Développement de biofilms sur l'ensemble des surfaces de la baignade	Hebdomadaire	Contrôle visuel	Présence
Pseudomonas aeruginosa	Hebdomadaire	NF EN ISO 16266	• Valeur guide* : 10 • Valeur impérative : 100

* La valeur limite en Pseudomonas aeruginosa est fixée à 100 UFC/100ml sur base de la note complémentaire de l'Afsset de septembre 2010 stipulant que « *la dose infectieuse est difficile à établir […], mais serait par voie orale de l'ordre de 10^{10} UFC chez l'homme.* »

Sur une baignade publique, lorsqu'une tendance à l'eutrophisation ou une détérioration de la qualité des eaux est constatée, il est nécessaire de vérifier les paramètres suivants :
- salmonelles : 0/l
- entérovirus : 0/10l
- cyanobactéries : concentration inférieure à 20 000 cellules/ml.

3.4.4.3. Procédure de prélèvement

Les prélèvements sont effectués par du personnel habilité. Les échantillons sont prélevés dans les endroits où la densité moyenne journalière de baigneurs est la plus élevée. Ils sont prélevés de préférence à 30 cm sous la surface de l'eau (cf. annexe 13-5 du décret 2008-990 du 18 septembre 2008).

3.4.4.4. Conformité de l'eau de baignade

Les eaux de baignade sont réputées conformes aux paramètres qui s'y rapportent si, après interprétation statistique, des échantillons de ces eaux, prélevés selon les fréquences prévues aux tableaux 9 et 10 en un même lieu de prélèvement, montrent qu'elles sont conformes aux valeurs impératives des paramètres pour 95% des échantillons et si, pour les 5 %, 10 % ou 20 % des échantillons, qui, selon le cas, ne sont pas conformes :
- l'eau ne s'écarte pas plus de 50 % de la valeur des paramètres en question (exception faite pour les paramètres microbiologiques, le pH et l'oxygène dissous)
- les échantillons consécutifs d'eau prélevés à une fréquence statistiquement appropriée ne s'écartent pas des valeurs des paramètres qui s'y rapportent.

Les dépassements des valeurs ne sont pas pris en considération dans le décompte des pourcentages lorsqu'ils sont la conséquence d'inondations, de catastrophes naturelles ou de conditions météorologiques exceptionnelles.

Remarque : Ces consignes relatives à la conformité de l'eau de baignade sont extraites du décret n°2008-990 du 18 septembre 2008 relatif à la gestion de la qualité des eaux de baignades et des piscines, annexe 13-5 du Code de la santé publique.

3.5. Mise en sécurité de l'installation

Les consignes de la partie 3.5 concernent toutes les baignades (intensives et extensives).

3.5.1. Rappel des normes de sécurité relatives aux piscines

L'installation d'un système de sécurité doit tenir compte des spécificités de la baignade, notamment : la forme, la circulation de l'eau, etc.
Toutes les normes de sécurité relatives aux piscines sont applicables aux baignades. Pour mémoire, les quatre normes de sécurité sont :
- NF P90-306 relative aux clôtures
- NF P90-307 relative aux systèmes d'alarme
- NF P90-308 relative aux couvertures de sécurité
- NF P90-309 relative aux abris.

Les dispositifs des décrets d'application réglementaires en vigueur doivent par ailleurs également être respectés.

3.5.2. Les installations électriques

La norme C 15-100 section 702, publiée par l'Union technique de l'électricité (UTE), décrit les prescriptions relatives aux installations électriques des piscines, bassins, pédiluves et aux volumes qui les entourent. Cette norme est également applicable aux baignades.

Certaines consignes relatives aux installations électriques font appel aux volumes des piscines et pédiluves. La figure 1 définit les dimensions de ces différents volumes.

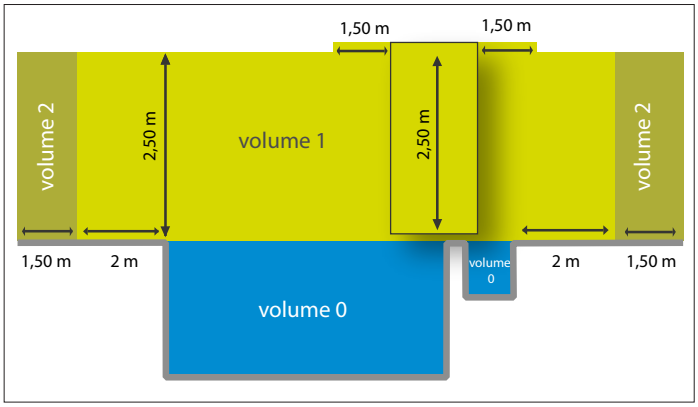

Figure 1: Dimensions des volumes pour piscines et pédiluves

3.5.2.1. Canalisations

Les liaisons hydrauliques entre pompe et bassin, et notamment pour une installation de nage à contre courant dont le regard jouxte la paroi du bassin, doivent être composées de matériaux isolants et/ou la pompe doit être reliée à la liaison équipotentielle de la piscine. Par ailleurs, la trappe d'accès ne doit pas pouvoir être ouverte sans clé ou outil.

3.5.2.2. Alimentation électrique

L'alimentation doit être soit individuelle par séparation électrique (avec un transformateur en dehors des volumes 0,1 et 2), soit protégée par un dispositif de protection à courant différentiel au plus égal à 30 mA.

3.5.2.3. Appareillage électrique (prise de courant, interrupteur)

Les consignes à respecter pour l'appareillage sont les suivantes :
• volumes 0 et 1 : aucun appareillage n'est toléré
• volume 2 : les appareillages sont admis si leur alimentation est individuelle (avec un transformateur de séparation), en très basse tension ou protégée par des dispositifs différentiels à haute sensibilité au plus égal à 30 mA.

3.5.2.4. Appareils électriques

Les consignes à respecter pour les appareils sont les suivantes :
• volumes 0 et 1 : seuls les appareils fixes peuvent être installés
• volume 2 : les luminaires doivent être de classe 2, de classe 1 avec une protection différentielle au plus égal à 30 mA ou alimentés par un transformateur de séparation.

Tableau 11. Les consignes de sécurité en fonction des volumes

Matériel	Volume 0	Volume 1	Volume 2
Eclairages, pompes, réchauffeur et autre matériel fixe	Non, sauf projecteur en très basse tension IP 68	Non, sauf dans une enveloppe isolante accessible par une porte fermée à clef et qui coupe l'alimentation dès ouverture – IP X5	Avec interrupteur différentiel 30 mA BT 230 V classe 2 uniquement
Robot	Très basse tension		
Prise de courant, interrupteur (appareillage)	Non	Non, sauf baignade privée mais à 1,25 m avec interrupteur différentiel 30 mA	Avec interrupteur différentiel 30 mA
Cablâge	Pas de gaine ou enveloppe métallique		
	Pas de boîte de dérivation		

Point de contrôle

Les consignes de sécurité décrites ci-avant sont de nature réglementaire et doivent être respectées.

Point de contrôle final

Le procès-verbal de réception du bassin, avant mise en eau, est obligatoire et doit contenir :
• les cotes du/des bassin(s)
• la localisation des systèmes de vidange
• les dimensions de chaque zone
• des analyses d'eau
• les éléments permettant de vérifier la conformité de la construction par rapport aux points de contrôle correspondant.
Une notice d'entretien, les notices techniques des différents appareils utilisés ainsi que la durée de garantie et les conditions de garantie de chacun de ces appareils doivent être fournies au client.

Travaux

d'aménagement et d'entretien des constructions paysagères

Règles professionnelles

Conception et réalisation de baignades biologiques avec filtration intensive

ANNEXE : liste de plantes utilisables ou non en phyto-épuration pour la baignade écologique

N°: C.C.10-A-R0 | Création : juillet 2013

UNEP les entreprises du paysage

AITF Association des Ingénieurs Territoriaux de France

FFP

Hortis Les responsables d'espaces nature en ville

Annexe 1 : liste de plantes utilisables ou non en phyto-épuration pour la baignade biologique

1. Domaine d'application

Cette annexe précise les plantes utilisables ou non pour le lagunage, ainsi que pour l'aspect décoratif des berges.
Les listes de plantes proposées dans ce document ne peuvent en aucun cas être considérées comme exhaustives.

2. Critères de choix des plantes

2.1. Besoins nutritifs des plantes

2.1.1. Disponiblité en azote pour les plantes

Les baignades biologiques ne sont pas des systèmes apportant beaucoup de matière organique. Autrement dit l'azote total apporté reste faible, et la quantité d'azote minéral produit sera insuffisant pour des plantes ayant de forts besoins en azote. C'est le cas de la plupart des plantes herbacées.

2.1.2. Déséquilibre entre les éléments

Outre les besoins en azote, c'est aussi l'équilibre avec d'autres éléments qui est à prendre en compte, et notamment le ratio entre nitrates (NO^{3-}) et phosphates (PO_4^{3-}). Dans les situations de faible teneur en matière organique, la disponibilité en phosphates est encore plus faible (compétition avec les besoins des microorganismes ?) et insuffisant pour les plantes.

2.2. Types de plantes

Dans le cas du lagunage, le dispositif prévoit de faire passer tout ou partie du débit total de la baignade par le système de filtration par les plantes.
Par conséquent, les plantes sont partiellement immergées, en fonction du type de lagunage choisi (hydroponique ou avec substrat).

2.2.1 Plantes hydrophytes

Plantes qui développent la totalité de leur appareil végétatif (système racinaire et tiges, feuilles, etc.) à l'intérieur du plan d'eau, ou au moins à la surface de celui-ci.
Elles ne peuvent être utilisées que dans un système de lagunage en hydroponie.

2.2.2. Plantes hélophytes

Plantes développant un appareil végétatif aérien et un système racinaire souterrain dans un milieu partiellement ou totalement immergé.

3. Listes de plantes à ne pas utiliser

3.1. Plantes toxiques

Ces plantes ne peuvent pas être utilisées dans le cadre de la baignade biologique, en raison des risques pour la santé des baigneurs.

Genre	Espèce
Fritillaria	*meleagris*
Lobellia	*cardinalis*
Lobellia	*gerardii*
Lobellia	*sessilifolia*
Lobellia	*siphilitica*

3.2. Plantes déconseillées

Certaines plantes ayant des besoins nutritionnels élevés, elles ne disposent pas des conditions adéquates pour se développer correctement dans le lagunage. Par conséquent, l'usage des plantes du tableau ci-après est déconseillé.

Genre	Espèce
Acorus	
Alismas	
Arundos	
Carex	
Cyperus	*longus*
Elodea	
Iris	*pseudoacorus*
Juncus	
Mentha	
Myriophyllum	
Nymphaea	
Phragmites	
Scirpus	
Thalia	
Typhas	

3.3. Plantes interdites par la réglementation

Genre	Espèce	Commentaires
Jussiae	*grandiflora*	Espèce invasive

4. Liste de plantes pouvant être utilisées pour le lagunage

Pour toutes les plantes autres que celles citées ci-avant, chaque constructeur est libre de choisir une gamme de plantes correspondant à l'environnement de la baignade et aux attentes du client. Les espèces suivantes sont des exemples d'espèces couramment utilisées : *Iris, Caltha, Lysimachia, Equisetum, Pseudacorus, Phalaris,* etc.